

2020 05735



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

①⑫ Patentschrift  
①⑩ DE 199 31 235 C 2

- ②① Aktenzeichen: 199 31 235.4-32  
②② Anmeldetag: 7. 7. 1999  
④③ Offenlegungstag: 18. 1. 2001  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 30. 8. 2001

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 02 N 2/06**  
F 02 D 41/20  
F 02 M 51/06  
H 02 M 3/07

DE 199 31 235 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

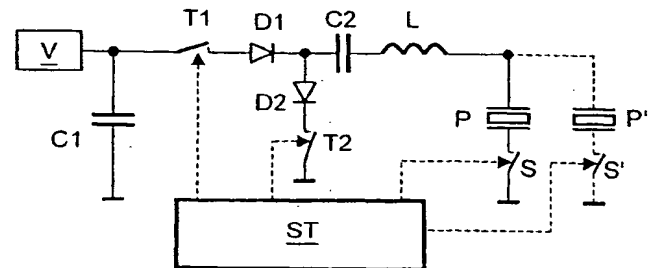
⑦② Erfinder:  
Pirkel, Richard, 93053 Regensburg, DE; Lingl,  
Wolfgang, 93057 Regensburg, DE; Hoffmann,  
Christian, Dr., 93057 Regensburg, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 196 52 801 C1  
DE 195 29 667 C2

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zum Laden eines kapazitiven Stellgliedes

- ⑤⑦ Verfahren zum Laden eines kapazitiven Stellgliedes (P, P'), insbesondere eines Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine, von einer Ladungsquelle (C1) über eine Reihenschaltung eines Umladekondensators (C2a, C2b) und einer Umladespule (L), und zum Entladen des Stellgliedes (P, P') in den Umladekondensator (C2a, C2b) mit viel kleinerer Kapazität als die Ladungsquelle (C1), dadurch gekennzeichnet,
- daß der Umladekondensator (C2a, C2b) eine für eine vorgegebene maximale Ladezeit ( $t_3-t_0$ ) bemessene maximale Kapazität aufweist, und
  - daß zur Erzielung einer kürzeren Ladezeit ( $t_2-t_0$ ) die Kapazität des Umladekondensators (C2) zu einem bestimmten Zeitpunkt ( $t_1$ ) nach Beginn ( $t_0$ ) des Ladevorgangs auf einen vorgegebenen Wert verringert wird.



DE 199 31 235 C 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laden eines kapazitiven Stellgliedes, insbesondere eines Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Einer der Vorteile bei der Ansteuerung von Kraftstoffeinspritzventilen einer Brennkraftmaschine mittels Piezostellgliedern statt Solenoiden ist die kurze Schaltzeit der Stellglieder, die zu steilen Nadelflanken und geringen Streuungen der eingespritzten Kraftstoffmengen führt. Aus verbrennungstechnischer Sicht sind möglichst kurze Ladezeiten anzustreben.

Zur Erzielung eines sanfteren Verbrennungsverlaufs wird die Kraftstoffmenge in Vor- und Haupteinspritzmenge geteilt, was eine langsamere Verbrennung und damit eine Verbrennungsgeräusch-Reduzierung ermöglicht. Die Stellglieder werden bisher mit einer konstanten Lade- und Entladezeit (Dauer der Umladung von einer Energiequelle auf das Stellglied oder umgekehrt) angesteuert, die sehr kurz sein muß (beispielsweise 100  $\mu$ s), damit eine vorgegebene Kraftstoff-Voreinspritzmenge auch im obersten Last- oder Drehzahlbereich der Brennkraftmaschine noch eingespritzt werden kann.

Der Ladevorgang erfolgt beispielsweise als Umschwingvorgang der Ladung von einer Ladungsquelle (einer Reihenschaltung eines Lade- und eines Umladekondensators) über eine Umladespule zum Stellglied, wobei die Induktivität der Umladespule zusammen mit den Kapazitäten der Umladekondensatoren und des Stellgliedes die Zeitkonstante für den Lade- und Entladevorgang (die Lade- und Entladezeit) bestimmt. Eine derartige Vorrichtung ist aus der dem Oberbegriff der Ansprüche 1, 3 und 4 zugrundeliegenden DE 196 52 801 bekannt.

Aus DE 195 29 667 C2 ist eine Anordnung zur Ansteuerung zweier piezoelektrischer Aktoren bekannt, bei welcher die Frequenz der Schwingkreise, in denen die piezoelektrischen Aktoren angeordnet sind, zur Kompensation von Temperatur- und Alterungseffekten veränderbar sind.

In DE 197 14 607 A1 wird ein Verfahren zum stufenweisen Laden und Entladen eines piezoelektrischen Elements beschrieben, wobei der Umladevorgang zu einem bestimmten Zeitpunkt nach Ladebeginn von einem Ladepfad mit einem Widerstand und einem Kondensator auf einen Ladepfad mit einer Spule und einem weiteren Kondensator umgeschaltet wird. Der Entladevorgang erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.

Die kurzen Ladezeiten führen jedoch zu hohen Geräuschemissionen in für menschliche Ohren unangenehmen Frequenzbereichen. Dies wird beispielsweise in einem Kraftfahrzeug dann als sehr störend empfunden, wenn im Leerlauf der Brennkraftmaschine die Verbrennungsgeräusche niedrig sind.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes eines Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine anzugeben, welches eine deutliche Verminderung der Stellglied-Geräuschemissionen ermöglicht. Es ist auch Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst. Mit einer Vorrichtung gemäß Anspruch 3 oder 4 werden die Lade- und Entladezeiten eines Stellgliedes, insbesondere im Niedriglast- und Leerlaufbereich der Brennkraftmaschine, durch verschiedene Maßnahmen während des Ladevorgangs variiert, beispielsweise in einem Bereich zwischen 100  $\mu$ s und 200  $\mu$ s.

Das erfindungsgemäße Verfahren besteht darin, daß die

Gesamtkapazität der Umladekondensatoren, über welche das Stellglied geladen wird, hier also die Kapazität wenigstens zweier parallelgeschalteter Umladekondensatoren C2a, C2b, die beispielsweise eine maximale Ladezeit von 200  $\mu$ s ermöglichen, zu einem bestimmten Zeitpunkt während eines Ladevorgangs durch Abschalten wenigstens eines dieser parallelen Umladekondensatoren verringert wird, wodurch die Ladezeit verkürzt wird.

Für die Wahl optimaler Ladezeiten gilt: die Dauer der Ladezeit begrenzt die minimale Kraftstoff-Einspritzdauer. Dies ist insbesondere bei hohen Einspritzdrücken kritisch, weil die eingespritzte Kraftstoffmenge bei gleicher Einspritzdauer mit dem zur Last proportionalen Kraftstoffdruck ansteigt. Zur Erzielung einer bestimmten Einspritzmenge, insbesondere einer geringen Voreinspritzmenge, sind daher mit wachsendem Kraftstoffdruck immer kürzere Einspritzdauern erforderlich.

Bei einer Haupteinspritzung sind die Einspritzmengen hingegen last- bzw. druckabhängig. Bei geringer Last werden kleine Einspritzmengen benötigt, bei großer Last aber große Einspritzmengen bei großem Kraftstoffdruck. Diese Korrelation zwischen Kraftstoffmenge und Kraftstoffdruck ermöglicht die Verwendung längerer Ladezeiten für die Haupteinspritzung auch im Hochlastbereich.

Unterschiedliche Ladezeiten eines kapazitiven Stellgliedes haben innerhalb gewisser Grenzen, beispielsweise zwischen 100  $\mu$ s und 200  $\mu$ s, bis auf Totzeiteffekte (Verzögerungen von Einspritzbeginn und -ende), die durch zeitliche Verschiebung der Ansteuersignale kompensiert werden können, keinen Einfluß auf den für einen Verbrennungsprozeß relevanten Einspritzverlauf.

Ausführungsbeispiele einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind im folgenden unter Bezugnahme auf die schematische Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipschaltung einer bekannten Vorrichtung, Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel nach der Erfindung, Fig. 3 ein Diagramm der Lade- und Entladezeiten des Ausführungsbeispiels nach Fig. 2,

Fig. 4 ein zweites Ausführungsbeispiel nach der Erfindung, und

Fig. 5 ein Diagramm der Lade- und Entladezeiten des Ausführungsbeispiels nach Fig. 4.

Die prinzipielle Schaltung einer bekannten Vorrichtung zum Laden und Entladen eines kapazitiven Stellgliedes P nach Fig. 1 besteht aus einer beidseitig mit Massebezugspotential verbundenen Reihenschaltung einer von einer Energiequelle V ladbaren Ladungsquelle, hier eines Ladekondensators C1, eines Ladeschalters T1, einer Sperrdiode D1, eines Umladekondensators C2, einer Umladespule L und eines oder mehrerer parallelgeschalteter Stellglieder P, P', wobei mit jedem Stellglied P, P' ein Auswahlschalter S, S' in Reihe geschaltet ist. Der zum Ladeschalter T1 führende Anschluß des Umladekondensators C2 ist über einen mit einer weiteren Sperrdiode D2 in Reihe liegenden Entladeschalter T2 mit Massebezugspotential verbindbar. Die beiden Schalter T1 und T2 werden von einer Steuerschaltung ST gesteuert. Die Kapazität des Ladekondensators C1 ist wesentlich größer als die des Umladekondensators C2:  $C1 \gg C2$ .

Wenn von Lade-, Entlade- oder Auswahlschaltern gesprochen wird, so sind darunter vorzugsweise Schalter zu verstehen, die leitend oder nichtleitend geschaltet werden, beispielsweise Thyristoren, oder MOSFET's (mit einer Diode in Reihenschaltung), die von selbst wieder nichtleitend werden, wenn der durch sie fließende Strom zu Null wird.

Das Laden eines Stellgliedes P erfolgt durch Schließen (leitend schalten) des Ladeschalters T1. Dabei schwingt die Ladung mit einem Strom I in Form einer halben Sinus-

schwingung von der Ladungsquelle (dem Ladekondensator C1) über den Umladekondensator C2 und die Umladespule L zum Stellglied P. In dieser Zeit, der Ladezeit, steigt die Stellgliedspannung U auf einen bestimmten Wert, und das Stellglied P öffnet das Kraftstoffeinspritzventil.

Wenn der Strom I zu Null wird, wird der Ladeschalter T1 wieder geöffnet (nichtleitend), die Stellgliedspannung U bleibt erhalten, bis der Entladevorgang mit dem Schließen (leitendschalten) des Entladeschalters T2 beginnt. Nun schwingt die Ladung vom Stellglied P über die Umladespule L in den Umladekondensator C2; die Stellgliedspannung U geht wieder nach null, der Strom I wird zu Null und das Kraftstoffeinspritzventil wird vom Stellglied P geschlossen. Der Entladeschalter T2 muß vor dem nächsten Ladevorgang wieder geschlossen (nichtleitend) werden. Damit ist ein Einspritzvorgang beendet. Eine Rückladung in den Ladekondensator C1 wird durch die Sperrdiode D1 verhindert.

Fig. 2 zeigt die Schaltung eines ersten Ausführungsbeispiels nach der Erfindung, welche sich von der bekannten Schaltung nach Fig. 1 dadurch unterscheidet, daß parallel zur Reihenschaltung aus Ladeschalter T1a, Sperrdiode D1a und Umladekondensator C2a eine gleichartige Reihenschaltung aus einem weiteren Ladeschalter T1b, einer weiteren Sperrdiode D1b und eines weiteren Umladekondensators C1b geschaltet ist, und daß die den Ladeschaltern T1a und T1b zugewandten Anschlüsse der beiden Umladekondensatoren C2a und C2b durch eine vom Umladekondensator C2b zum Umladekondensator C2a leitende Diode D2b miteinander verbunden sind. Weitere derartige parallelgeschaltete Reihenschaltungen können vorgesehen werden, was durch punktierte Pfeile angedeutet ist.

Die Arbeitsweise dieser Schaltung wird nachstehend anhand des in Fig. 3 dargestellten Diagramms des Stromverlaufs I im Stellglied P und der Schaltstellungen der Ladeschalter T1a und T1b sowie des Entladeschalters T2 erklärt.

Die beiden Umladekondensatoren C2a und C2b sind so dimensioniert, daß die Ladung des Stellgliedes P (oder P') aus einer Parallelschaltung beider Kondensatoren C2a und C2b mit einer gewünschten, maximalen Ladezeit von beispielsweise 200 µs erfolgt.

Dazu werden zum Zeitpunkt t0 (Fig. 3) beide Ladeschalter T1a und T1b gleichzeitig leitend gesteuert, wodurch das Stellglied P aus den Kondensatoren C1, C2a und C2b über die Umladespule L geladen wird und ein sinusförmiger Strom I durch das Stellglied P, welches durch den Auswahl-  
schalter S ausgewählt wurde, zu fließen beginnt. Die Spannung an beiden Umladekondensatoren C2a und C2b sinkt gleichmäßig. Bleiben beide Ladeschalter T1a und T1b (gestrichelt dargestellt) leitend, bis der Strom I (gestrichelte Kurve) im Zeitpunkt t3 zu Null wird, so beträgt die Ladezeit  $t3-t0 = 200 \mu s$ .

Erfindungsgemäß wird nun zur Erzielung einer kürzeren Ladezeit beispielsweise der Ladeschalter T1a vorzeitig im Zeitpunkt t1 geöffnet, d. h., nichtleitend gesteuert. Dadurch erfolgt der Stromfluß nur noch aus der Reihenschaltung der beiden Kondensatoren C1 und C2b, wodurch der Strom I (ausgezogene Kurve) bereits im Zeitpunkt t2 zu Null wird, zu welchem Zeitpunkt auch der zweite Ladeschalter wieder nichtleitend wird. Durch diese Maßnahme hat die Ladezeit nur noch die Dauer  $t2-t0$ . Das Ende der im Zeitpunkt t0 beginnenden Ladezeit kann auf diese Weise zwischen  $< t1$  und  $t3$  variieren, wodurch Ladezeiten von  $< 100 \mu s$  bis zum gewählten Maximum, hier 200 µs, gewählt werden können. Am Ende des Ladevorgangs (t2) liegt am ersten Umladekondensator C2a, der nicht ganz entladen wurde, noch eine Spannung von beispielsweise +80 V, während die Spannung am zweiten Umladekondensator C2b beispielsweise -50 V

betragen kann.

Beim Entladen des Stellgliedes P, beispielsweise im Zeitpunkt t4 beginnend, beide Ladeschalter T2a und T2b sind bereits nichtleitend, wird Entladeschalter T2 leitend gesteuert. Dadurch wird das Stellglied P über die Umladespule L in beide nun mittels der Dioden D2a und D2b parallelgeschalteten Umladekondensatoren C2a und C2b entladen, wobei zuerst der zweite Umladekondensator C2b solange geladen wird, bis er die Spannung (+80 V) des ersten Umladekondensators C2a erreicht; anschließend werden beide Umladekondensatoren gleichmäßig weitergeladen, bis das Stellglied P entladen ist. Auf diese Weise entspricht jede Entladezeit der jeweils vorangegangenen Ladezeit. Die Entladezeit endet bei dem gewählten Beispiel (Ladezeit t0 bis t2) also bereits im Zeitpunkt t5 (ausgezogene Kurve) statt im Zeitpunkt t6 (gestrichelte Kurve).

Der jeweilige Auswahl-  
schalter, S oder S', muß mindestens vom Beginn (t0) der Ladezeit bis zum Ende der Entladezeit (t5 oder t6) leitend sein.

Fig. 4 zeigt die Schaltung eines zweiten Ausführungsbeispiels nach der Erfindung, welche sich von der bekannten Schaltung nach Fig. 1 dadurch unterscheidet, daß mit der zweiten Sperrdiode D2 eine dritte Sperrdiode D3 mit gleicher Stromdurchlaßrichtung in Reihe geschaltet ist, daß vom Verbindungspunkt von Umladekondensator C2a und Umladespule L eine Reihenschaltung aus einem zweiten Umladekondensator C2b, einem weiteren Ladeschalter T3 und einer vierten Sperrdiode D4 mit Bezugspotential verbunden ist, wobei die Anode der vierten Sperrdiode D4 in Richtung vom Bezugspotential zum zweiten Umladekondensator C2b hin stromleitend ist, und daß die Kathode der vierten Sperrdiode D4 mit dem Verbindungspunkt von zweiter und dritter Sperrdiode D2, D3 verbunden ist. Auch hier gilt  $C1 \gg C2a, C2b$ .

Die beiden Umladekondensatoren C2a und C2b sind auch in diesem Ausführungsbeispiel so dimensioniert, daß die Ladung des Stellgliedes P (oder P') aus einer Parallelschaltung beider Kondensatoren C2a und C2b mit einer gewünschten, maximalen Ladezeit von beispielsweise 200 µs erfolgt.

Dazu werden zum Zeitpunkt t0 (Fig. 5) beide Ladeschalter T1 und T3 gleichzeitig leitend gesteuert, wodurch das Stellglied P aus den Kondensatoren C1, C2a und C2b über die Umladespule L geladen wird und ein sinusförmiger Strom I durch das Stellglied P, welches durch den Auswahl-  
schalter S ausgewählt wurde, zu fließen beginnt.

Die Spannung an beiden Umladekondensatoren C2a und C2b sinkt gleichmäßig. Bleiben beide Ladeschalter T1 und T3 leitend, bis der Strom I (gestrichelte Kurve) im Zeitpunkt t3 zu Null wird, so beträgt die Ladezeit  $t3-t0 = 200 \mu s$ .

Zur Erzielung einer kürzeren Ladezeit wird der Ladeschalter T1 vorzeitig im Zeitpunkt t1 geöffnet, d. h., nichtleitend gesteuert. Dadurch erfolgt der Stromfluß nur noch vom Umladekondensator C2b über die Umladespule L zum Stellglied P, und von diesem über den Auswahl-  
schalter, die Sperrdiode D4 und den weiteren Ladeschalter T3 zurück in den Umladekondensator C2b, gleichsam als "Freilaufstrom" zur Entladung von C2b und L, bis dieser Strom im Zeitpunkt t2 zu Null wird (ausgezogene Kurve von t1 bis t2 in Fig. 5). Solange muß der weitere Ladeschalter T3 unbedingt leitend sein.

Dadurch hat die Ladezeit auch in diesem Ausführungsbeispiel nur noch die Dauer  $t2-t0$ . Das Ende der im Zeitpunkt t0 beginnenden Ladezeit kann auf diese Weise zwischen  $< t1$  und  $t3$  variieren, wodurch Ladezeiten von  $< 100 \mu s$  bis zum gewählten Maximum, hier 200 µs, gewählt werden können.

Am Ende des Ladevorgangs (t2) liegt, wie beim ersten

Ausführungsbeispiel, am ersten Umladekondensator C2a, der nicht ganz entladen wurde, noch eine Spannung von beispielsweise +80 V, während die Spannung am zweiten Umladekondensator C2b beispielsweise -50 V betragen kann.

Beim Entladen des Stellgliedes P, im Zeitpunkt t4 beginnend (Ladeschalter T1 ist nichtleitend), wird Entladeschalter T2 leitend gesteuert. Ist der weitere Ladeschalter T3 zu diesem Zeitpunkt noch leitend, so wird, wie beim ersten Ausführungsbeispiel bereits beschrieben, das Stellglied P über die Umladespule L in beide nun mittels der Diode D2 parallelgeschalteten Umladekondensatoren C2a und C2b entladen, wobei zuerst der zweite Umladekondensator C2b solange geladen wird, bis er die Spannung (+80 V) des ersten Umladekondensators C2a erreicht; anschließend werden beide Umladekondensatoren gleichmäßig weitergeladen, bis das Stellglied P entladen ist. Auf diese Weise entspricht wieder jede Entladezeit der jeweils vorangegangenen Ladezeit. Die Entladezeit endet bei dem gewählten Beispiel (Ladezeit t0 bis t2) also bereits im Zeitpunkt t5 (ausgezogene Kurve) statt im Zeitpunkt t6 (gestrichelte Kurve).

Beim Entladen des Stellgliedes P, im Zeitpunkt t4 (Fig. 5) beginnend, wobei Ladeschalter T1 nichtleitend ist, wird Entladeschalter T2 leitend gesteuert. Dabei ist Ladeschalter T3 entweder noch aktiv leitend, oder, falls er als MOSFET ausgeführt ist, durch die obligatorische Inversdiode in Richtung zum Entladeschalter T2 stromleitend (in Fig. 5 gestrichelt dargestellt).

Dadurch wird das Stellglied P über die Umladespule L in beide parallelgeschalteten Umladekondensatoren C2a und C2b entladen, wobei wieder zuerst der zweite Umladekondensator C2b solange geladen wird, bis er die Spannung (+80 V) des ersten Umladekondensators C2a erreicht; anschließend werden beide Umladekondensatoren gleichmäßig weitergeladen, bis das Stellglied P entladen ist. Auf diese Weise entspricht jede Entladezeit der jeweils vorangegangenen Ladezeit. Die Entladezeit endet bei dem gewählten Beispiel (Ladezeit t0 bis t2) also bereits im Zeitpunkt t5 (ausgezogene Kurve) statt (Ladezeit t0 bis t3) im Zeitpunkt t6 (gestrichelte Kurve).

Der jeweilige Auswahlswitch, S oder S', muß mindestens vom Beginn (t0) der Ladezeit bis zum Ende der Entladezeit (t5 oder t6) leitend sein.

Bei diesem zweiten Ausführungsbeispiel mit verkürzter Ladezeit (Ladeschalter T1 wird vor dem weiteren Ladeschalter T3 nichtleitend) kann die Kraftstoffeinspritzmenge dadurch minimiert werden, daß der weitere Ladeschalter T3 und der Entladeschalter T2 invers betrieben werden - T3 leitet, wenn T2 nichtleitend ist, und umgekehrt - wodurch die Entladezeit unmittelbar auf die Ladezeit folgt.

Im Falle, daß T1 und T3 synchron zum Zeitpunkt t0 leitend und zum Zeitpunkt t3 nichtleitend gesteuert werden, ist ein Inversbetrieb von T2 und T3 zu vermeiden. Wenn nämlich gleichzeitig T1 und T3 nichtleitend werden und T2 leitend wird, sind durch kurzzeitige Überschneidungen T1 und T2 leitend und damit der Ladekondensator C1 und die Energiequelle V kurzgeschlossen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Laden eines kapazitiven Stellgliedes (P, P'), insbesondere eines Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine, von einer Ladungsquelle (C1) über eine Reihenschaltung eines Umladekondensators (C2a, C2b) und einer Umladespule (L), und zum Entladen des Stellgliedes (P, P') in den Umladekondensator (C2a, C2b) mit viel kleinerer Kapazität als die Ladungsquelle (C1), **dadurch gekennzeichnet**,  
- daß der Umladekondensator (C2a, C2b) eine

für eine vorgegebene maximale Ladezeit ( $t_3 - t_0$ ) bemessene maximale Kapazität aufweist, und  
- daß zur Erzielung einer kürzeren Ladezeit ( $t_2 - t_0$ ) die Kapazität des Umladekondensators (C2) zu einem bestimmten Zeitpunkt (t1) nach Beginn (t0) des Ladevorgangs auf einen vorgegebenen Wert verringert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- daß die maximale Kapazität des Umladekondensators durch eine Parallelschaltung wenigstens zweier Umladekondensatoren (C2a, C2b) erreicht wird, und
- daß wenigstens einer (C2a) dieser Umladekondensatoren (C2a, C2b) zu dem bestimmten Zeitpunkt (t1) nach Beginn (t0) des Ladevorgangs von der Ladungsquelle (C1) getrennt wird.

3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, mit einer zwischen einer von einer Energiequelle (V) ladbaren Ladungsquelle (C1) und dem Stellglied (P, P') angeordneten Reihenschaltung eines Ladeschalters (T1a), einer Sperrdiode (D1a), eines Umladekondensators (C2a) und einer Umladespule (L), und mit einem Entladeschalter (T2), der den Verbindungspunkt von Sperrdiode (D1a) und Umladekondensator (C2a) mit einem Bezugspotential verbindet, wobei sämtliche Schalter von einer Steuerschaltung (ST) gesteuert werden, dadurch gekennzeichnet,

- daß parallel zur Reihenschaltung aus Ladeschalter (T1a), Sperrdiode (D1a) und Umladekondensator (C2a) wenigstens eine weitere Reihenschaltung aus je einem weiteren Ladeschalter (T1b), einer Sperrdiode (D1b) und einem weiteren Umladekondensator (C2b) angeordnet ist, und
- daß zwischen jedem einem Ladeschalter (T1a, T1b) zugewandten Anschluß eines Umladekondensators (C2a, C2b) und dem Entladeschalter (T2) eine in Richtung zum Entladeschalter (T2) hin stromleitende Diode (D2a, D2b) angeordnet ist.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, mit einer zwischen einer von einer Energiequelle (V) ladbaren Ladungsquelle (C1) und dem Stellglied (P, P') angeordneten Reihenschaltung eines ersten Ladeschalters (T1), einer ersten, vom Ladeschalter (T1) weg stromleitenden ersten Sperrdiode (D1), eines ersten Umladekondensators (C2a) und einer Umladespule (L), und mit einem Entladeschalter (T2), der den Verbindungspunkt der ersten Sperrdiode (D1) und des ersten Umladekondensators (C2a) über eine zu einem Bezugspotential hin stromleitende zweite Sperrdiode (D2) mit dem Bezugspotential verbindet, wobei sämtliche Schalter von einer Steuerschaltung (ST) gesteuert werden, dadurch gekennzeichnet,

- daß mit der zweiten Sperrdiode D2 eine dritte Sperrdiode (D3) mit gleicher Stromdurchlaßrichtung in Reihe geschaltet ist,
- daß vom Verbindungspunkt des ersten Umladekondensators (C2a) und der Umladespule (L) eine Reihenschaltung aus einem zweiten Umladekondensator (C2b), einem weiteren Ladeschalter (T3) und einer vierten Sperrdiode (D4) mit dem Bezugspotential verbunden ist, wobei die vierte Sperrdiode (D4) in Richtung vom Bezugspotential zum zweiten Umladekondensator (C2b) hin stromleitend ist, und
- daß die Kathode der vierten Sperrdiode (D4) mit

dem Verbindungspunkt von zweiter und dritter Sperrdiode (D2, D3) verbunden ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet,

- daß zum Laden des Stellgliedes (P, P') beide Ladeschalter (T1a, T1b; T1, T3) gleichzeitig leitend gesteuert werden, und
- daß wenigstens einer der Ladeschalter (T1, T1a) zu dem bestimmten Zeitpunkt (t1) nichtleitend gesteuert wird.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei leitendem Entladeschalter (T2) die Entladung des Stellgliedes (P, P') einerseits über den ersten Umladekondensator (C2a) und andererseits über den zweiten Umladekondensator (C2b) und den leitenden weiteren Ladeschalter (T3) oder dessen Inversdiode erfolgt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der weitere Ladeschalter (T3) invers zum Entladeschalter (T2) betrieben wird, also leitend ist, wenn der Entladeschalter (T2) nichtleitend ist, und umgekehrt.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladeschalter (T1, T3, T1a, T1b) und der Entladeschalter (T2) als MOSFET-Schalter ausgebildet sind.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

30

35

40

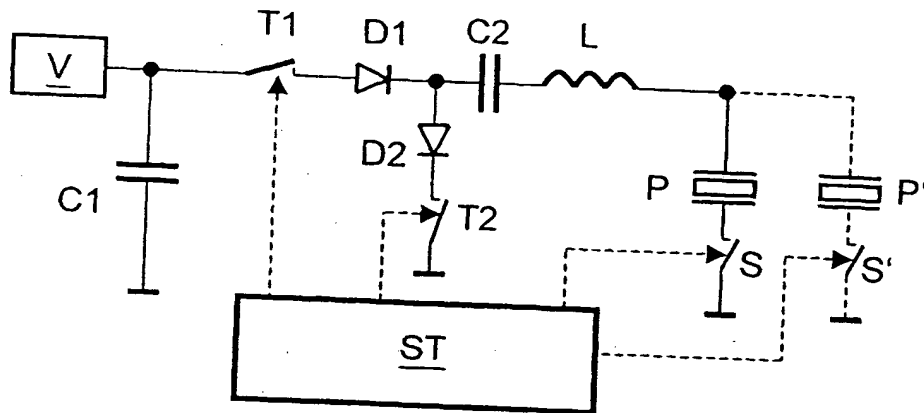
45

50

55

60

65



**Fig 1**

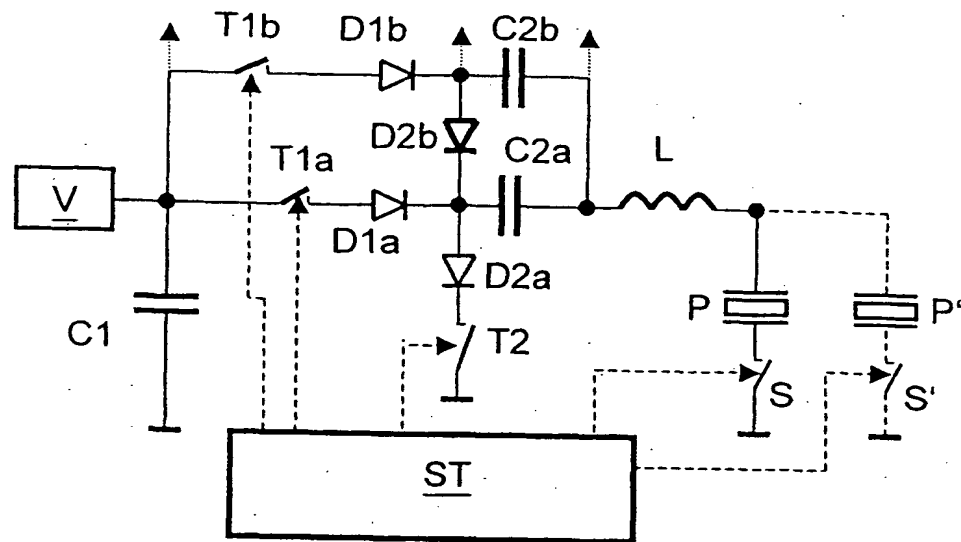


Fig 2

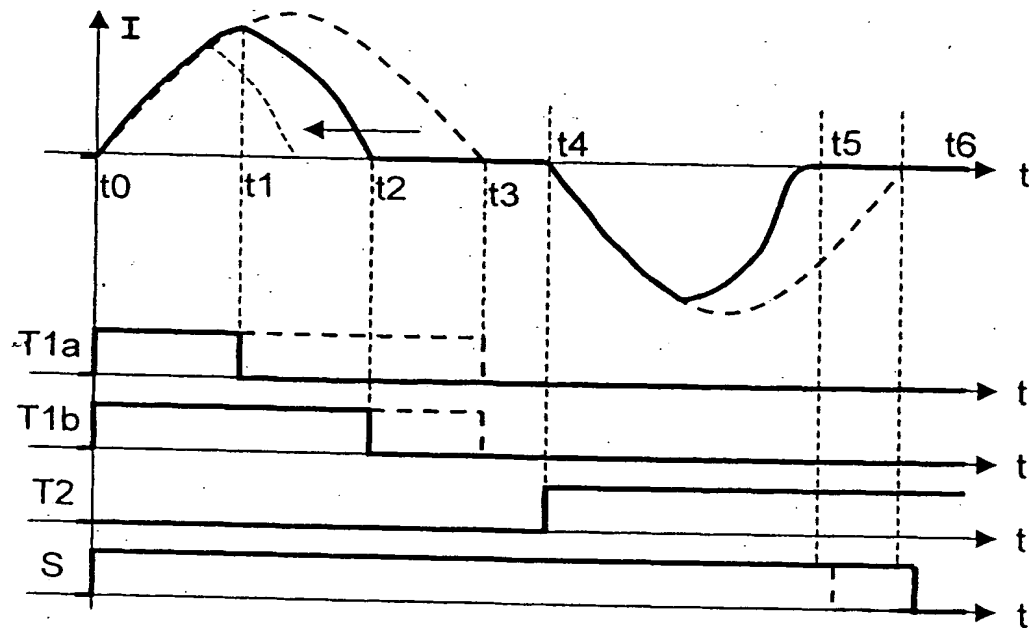


Fig 3

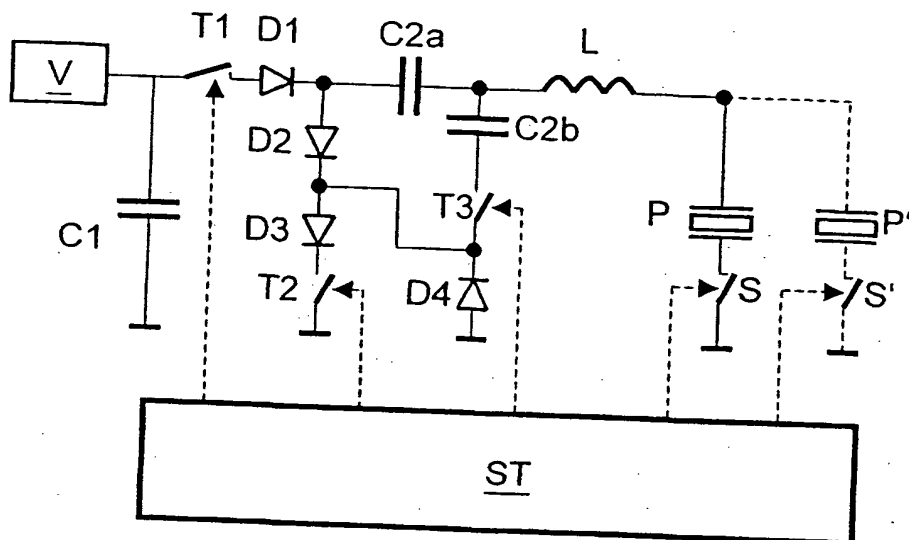


Fig 4

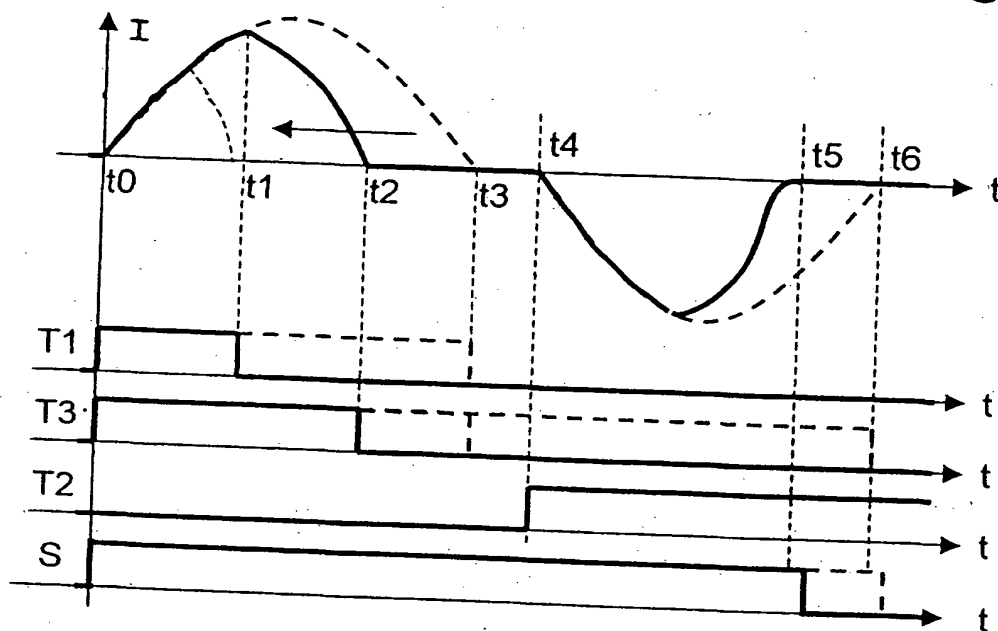


Fig 5